

NGU Rapport 97.052

Grunnvannsundersøkelser i Salbuosen,  
Hyllestad kommune

Rapport nr.: 97.052		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Salbuosen, Hyllestad kommune			
Forfatter: Bjørn Frengstad og Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: Hyllestad kommune og NGU	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Hyllestad	
Kartblad (M=1:250.000) Florø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1117 II Risnesøyna	
Forekomstens navn og koordinater: Salbuosen GPS 0295346 6793447 32V		Sidetall: 30	Pris: 85
Feltarbeid utført: Aug. og okt. 1996		Rapportdato: 05.06.97	Prosjektnr.: 2713.14
		Ansvarlig: <i>Tore E. Finne</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Hyllestad kommune har NGU undersøkt mulighetene for grunnvannsutttak i Salbuosen til vannforsyning i Sørbøvågområdet.</p> <p>Georadarmålinger viser at området domineres av deltaavsetninger med tydelig skrålagning, og grensesonen mellom salt og ferskt grunnvann kan registreres. En utført boring med testpumping og masseprøvetaking viser at massene i skrålagene består av sortert sand og grus.</p> <p>En Ø60 mm prøvebrønn er blitt langtidsprøvepumpet med grunnvannsutttak på ca 3 l/s uten at grunnvannsnivået er blitt påvirket i særlig grad. Det har ikke forekommet inntrengning av saltvann i brønn eller peilerør. Prøver for fysikalsk-kjemisk og bakteriologisk analyse er tatt jevnlig. Relativt høyt fargetall og for høye kimtall tyder på innblanding av grunnvann med kort oppholdstid fra elva. En permanent brønn må derfor plasseres med noe større avstand fra elva. Det anbefales lufting, pH-justering og alkalisering av vannet og desinfisering i beredskap.</p> <p>Sonegrenser for områdebeskyttelse er foreslått.</p>			
Emneord: Hydrogeologi	Geofysikk	Georadar	
Grunnvannsforsyning	Brønnboring	Løsmasse	
Grunnvannskvalitet	Prøvepumping	Fagrapport	

## FORORD

En god vannforsyning både med hensyn på kapasitet og kvalitet er grunnleggende og burde være en selvfølge i vårt land som har så mye lett tilgjengelig og lite forurenset ferskvann. Likevel har nesten 1 mill nordmenn for dårlig vannforsyning, mest på grunn av feil valg av vannkilde og mangelfullt rensed vann. EU-normene og de nye norske drikkevannsforskriftene medfører behov for en bedring av drikkevannsforsyningen i mange områder. I en femårsperiode fra 1995-1999 vil ulike departement bevilge 100 mill. kr. hvert år til forbedring av vannforsyningen.

Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod i registrering av potensielle grunnvannsressurser i 301 av landets kommuner. Registreringen ble gjennomført dels ved feltarbeid (30 % av kommunene) og dels ved gjennomgang av eksisterende bakgrunnsmateriale. GiN-prosjektet viste muligheter for grunnvannsforsyning til over 800 forsyningssteder (over 600 000 p.e.).

NGU har på bakgrunn av de forannevnte momentene startet prosjektet «Økt bruk av grunnvann». Formålet er en sikker dokumentasjon av kvantitet og kvalitet av grunnvannsforekomster som kan nyttes til allminnelig drikkevannsforsyning. Bedre vannforsyning til næringsmiddel- og reiselivsbedrifter er også prioritert.

Prosjektet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, fylkeskommuner og kommuner. Prioriteringen av kommuner vil bli gjort i samarbeid med fylkeskommunene, mens prioriteringen av forsyningssteder vil bli foretatt i samråd med kommunene.

I samråd med fylkesmyndighetene i Sogn og Fjordane og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble kommunene Balestrand, Gloppen, Hyllestad, Luster, Lærdal og Naustdal valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat.

Prosjektet finansieres av Sogn- og Fjordane fylkeskommune (ca. 25 %), de enkelte kommuner (15-25 %) og NGU (50-60%). I tillegg har kommunene/vannverka bidratt med en egeninnsats i form av innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.

*Bernt Olav Hilmo*  
Bernt Olav Hilmo  
Hovedprosjektleder

## **INNHOOLD**

<b>FORORD .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>5</b>
<b>2. GEORADARUNDERSØKELSER.....</b>	<b>5</b>
2.1 METODEBESKRIVELSE OG UTFØRELSE .....	5
2.2 RESULTATER (P1, P2 OG P3) .....	6
<b>3. BORING OG TESTPUMPING .....</b>	<b>7</b>
3.1 METODEBESKRIVELSE.....	7
3.2 RESULTATER.....	8
<b>4. ETABLERING AV PRØVEBRØNN OG PEILERØR.....</b>	<b>8</b>
<b>5. LANGTIDS PRØVEPUMPING .....</b>	<b>9</b>
<b>6. VANNKVALITET .....</b>	<b>10</b>
<b>7. BRØNNPLASSERING OG DIMENSJONERING .....</b>	<b>11</b>
<b>8. FORURENSNING OG FORSLAG TIL KLAUSULERING .....</b>	<b>11</b>
<b>9. REFERANSER.....</b>	<b>13</b>

## **TEKSTBILAG**

Tekstbilag 1:	Georadar - metodebeskrivelse
Tekstbilag 2:	Skjema for tolkning av refleksjonsmønster (etter Beres & Haeni, 1991)
Tekstbilag 3:	Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

## **DATABILAG**

Databilag 1:	Borprofil
Databilag 2.1-2.2:	Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametre.
Databilag 2.3:	Analyseresultat av mikrobiologiske parametre.
Databilag 3:	Grunnvannsnivå i peilerør.
Databilag 4:	Kornfordelingskurver.

## **KARTBILAG**

97.052-01:	Kart i M 1:5 000 med lokalisering av prøvebrønn og peilerør.
97.052-02:	Lokaliseringskart og utskrift av georadaropptak - profil 1, 2 og 3
97.052-03:	Grunnvannskotekart før pumping. Basert på peilerørsmålinger.
97.052-04:	Grunnvannskotekart ved laveste målte grunnvannsnivå.
97.052-05:	Forslag til klausuleringssoner.

## **1. INNLEDNING**

Hyllestad kommune og Norges geologiske undersøkelse (NGU) inngikk et samarbeidsprosjekt for å vurdere vannforsyning til Sørbøvågområdet basert på grunnvannsuttak i Salbuosen. Ved sammenkobling av et kommunalt og et privat vassverk regner en med et forsyningsbehov på 220 pe. Behovet kan øke noe i framtida.

Grunnvannsmulighetene i Salbuosen er tidligere undersøkt av statsgeolog Sigurd Huseby 11. juni 1981. Hallingdal Bergboring utførte deretter prøveboringer i august 1981. Huseby konkluderer med at det kan settes ned en 6" brønn med 3,5 m slissefilter sør for elva for uttak av grunnvann. Kapasiteten til en slik brønn var beregnet til 0,5 - 1,0 l/s. Senere har grunneier på denne siden av elva satt ned en 8" rørbrønn på det anbefalte stedet for uttak til et fiskeoppdrettsanlegg. Undersøkelsene ble derfor konsentrert om nordsiden av elva.

Feltbefaring og georadarmålinger ble utført i august 1996. Nedsetting av prøvebrønn og peilerør med testpumping og prøvetaking ble utført i oktober 1996. Langtidsprøvepumping ble igangsatt 10. oktober 1996 og pågikk fram til 15. februar 1997.

Forsker Bjørn Frengstad har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært:  
Forsker Jan Fredrik Tønnesen (Georadarmålinger)  
Student Atle Nygård (UiB) (Georadarmålinger)  
Ingeniør Bjørn Iversen (Løsmasseboring)

Teknisk sjef Erling Varlid har vært kontaktperson i kommunen. Hyllestad kommune har bidratt med framlegging av strøm til prøvepumpingen, vannprøvetaking og måling av grunnvannsstanden samt innmåling av brønn og peilerør.

## **2. GEORADARUNDERSØKELSER**

### **2.1 Metodebeskrivelse og utførelse**

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var 800 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. Målingene ble utført med 16 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand var 1 m, mens det ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m ved profilmålingene. Reell lengde av

profiler kan avvike en del fra lengde angitt i profilopptakene på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. Generelt er det brukt for stor flyttavstand og de målte profilene er derfor en del lenger enn oppgitt. Angitt informasjon om kryssende profiler, gjerder og andre terrengdetaljer kan benyttes for mer nøyaktig profilposisjonering.

Det er ikke utført noen CMP-målinger for å beregne radarbølgehastighet i løsmassene. Ved utplotting av georadarprofilene ble det anvendt en hastighet på 0,08 m/ns for beregning av en dybdeskala (m under terrengoverflaten). For materiale over grunnvannsspeil er nok denne hastigheten for lav, da den der kan forventes å ligge i området 0,10-0,12 m/ns. Mektigheten av den umettede sonen vil derfor være noe større enn dybdeskalaen viser. Dybdefeilen blir her liten da grunnvannsspeil ligger mindre enn 3 m under terrengoverflaten. Den anvendte hastigheten er trolig noe høy i vannmettet sone, og mektigheten av denne del av avsetningen kan derfor være noe mindre enn det dybdeskalaen viser. Variasjoner i terrengoverflaten er ikke lagt inn langs profilene, og høydeskala er derfor utelatt. Viktige terrengvariasjoner er angitt som kommentarer under profilutskriftene.

Ved utskrift av profilopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. Det ble videre benyttet 3-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) vil være viktigste indikator for mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmassene, da dette som regel vil beskrive mektigheten av sand/grusdominerte avsetninger. Det kan være forholdsvis god penetrasjon også i finsanddominerte avsetninger selv med et visst siltinnhold, men disse vil være dårlige vanngivere. Refleksjonsmønsteret vil som regel kunne gi en del tilleggsinformasjon om avsetningstyper og materialsammensetning. I tekstbilag 2 er vist et skjema (etter Beres & Haeni, 1991) som kan være til hjelp for tolkning av sammenhengen mellom refleksjonsmønster og løsmassetype.

## **2.2 Resultater (P1, P2 og P3)**

Utskrift av georadaropptakene og lokalisering av profilene er vist i kartbilag 97.053-02.

Profilutskriftene har dårlig oppløsning i øverste del. Nær horisontal reflektor på 1,5-3 m dyp kan representere grunnvannsspeil, men indikerer trolig også bunnen av flattliggende topplag.

I store deler av det undersøkte området er de underliggende løsmasser dominert av deltaavsetninger med markert skrålagning som har fall mot vest. Deltaet er avsatt og bygd utover i fjorden ved munningen av Salbuelva. Bunnen av deltaet er i et større område markert ved en relativt kraftig reflektor. Den vises spesielt godt langs P1 hvor mektigheten av deltaavsetningene øker på vestover fra ca. 8 m ved pos. 70 til vel 20 m ved pos. 215. Mot nord

langs P2 avtar deltatykkelsen fra ca. 15 m ved pos. 30, og underliggende materiale kommer nær opp i dagen rundt pos. 75. Det regnes at deltaavsetningene består av vekslende lag av sand- og grus-dominert materiale, men det antas at avsetningene blir noe finere mot dypet. Dette gjelder spesielt i ytre deler av deltaet hvor skrålag bøyer av til nær flattliggende bunnlag, dvs. fra 14-15 m dyp i området pos.160-210 i P1. Innover mot rotsonen av deltaet (P1, pos. 60-0) er det mer uklare strukturer med dels nær horisontale og dels haugformede reflektorer. Materialet er trolig mer inhomogent og dårligere sortert i dette området. Grensen mot underliggende materiale er her uklar, men kan ligge i området 5-8 m dypt.

De sand- og grusdominerte deler av deltaavsetningen med markert skrålagning må regnes å være lovende med hensyn på større grunnvannsuttak.

Det er mest sannsynlig at bunnreflektoren under deltaet definerer overgangen mot fjell, og at reflektorer som ligger dypere representerer strukturer i berggrunnen. Både tidligere og etterfølgende boringer viser at det er meget vanskelig å bore noe særlig dypere enn nivået for bunnreflektoren. Ut fra georadaropptakene kan ikke fjelloverflaten helt utelukkes å ligge dypere. En alternativ tolkning er at fjelloverflaten skrånar ned fra ca. 8 m dyp ved pos 20 i P1 til 15-17 m ved pos. 50. Dersom dette er tilfelle, kan det være sand/grus-dominert materiale under deltaet ned til 12-15 m dyp i området pos. 40-75 i P1. Videre vestover langs profilet indikeres svakere, nær horisontale, men usammenhengende reflektorer under bunnreflektoren for deltaet. Eventuelle løsmasser der regnes å være for finkornig og ligger for dypt til å være av interesse for grunnvannsformål.

Når porevannet i løsmassene er salt, øker absorpsjonen av radarbølgene. På grunn av dette kan grensesonen mellom ferskt og salt grunnvann registreres som områder med redusert penetrasjon. Denne sonen går vanligvis skrått inn under land. Da målingene ble utført, nådde saltvannsfronten 20-30 meter inn på land ved ca. 20 m dyp ved P1, mens den ikke så ut til å nå innenfor strandsonen ved ca. 17 m dyp nordafor ved P3.

### **3. BORING OG TESTPUMPING**

#### **3.1 Metodebeskrivelse**

Undersøkelsesboringene utføres vanligvis med beltegående borerigg. Der sonderboringer indikerer egnede løsmasser for grunnvannsuttak, settes det ned en Ø32 mm testbrønn påmontert en meter slissefilter som pumpes i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og løsmasser.

Tekstbilag 2 gir en mer detaljert beskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

### 3.2 Resultater

På bakgrunn av en foreløpig tolkning av georadarmålingene ble det utført en Ø51 mm sonderboring med rørdrijving og testpumping i ulike nivåer (PR0, se kartbilag 97.052-01). Plasseringen av borpunktet ble bestemt ut fra et ønske om å ha stor mektighet av sand og grus og samtidig liten risiko for saltvannsinntrengning eller direkte infiltrasjon av elvevann. Samtidig skulle det være en rimelig avstand fra en eksisterende brønn i samme avsetning og minst mulig ulempe for annen virksomhet i området. Resultatene fra boringen er vist i databilag 1. Boringen ble avsluttet mot antatt fjell på 16,6 m dyp. Vanngjennomgangen i massene var god ned til 11,5 m og testpumping av Ø32 mm testbrønn påmontert 1 m slissefilter ga vannmengdene 2 - 3 l/s i 3 ulike nivåer mellom 4,5 og 11,5 m. Under 11,5 m ble massene finere og tettere og vannmengden ved testpumping i nivå 12,5-13,5 var bare 0,5 l/s. Kornfordelingskurvene i databilag 4 viser også at masseprøvene har minkende andel grus og økende andel finsand og silt mot dypet.

## 4. ETABLERING AV PRØVEBRØNN OG PEILERØR

Analyse av vann- og masseprøver fra tidligere boringer i området (Hallingdal bergboring, 1981) hadde vist lovende resultater og testpumping i PR0 ga rikelig med vann. I samråd med Hyllestad kommune ble det derfor bestemt å sette ned en prøvebrønn 2,6 m fra borpunkt PR0 uten ytterligere undersøkelser. Brønnrøret er i rustfritt stål, Ø60 mm med 3 m con slot filter og lysåpning 1,5 mm. Filteret står 7,2 til 10,2 m under bakkenivå. Filteret burde optimalt ha stått 0,5 m dypere, men på grunn av stor motstand under neddriving og filterets relativt skjøre konstruksjon, måtte boringen avsluttes noe tidligere enn ønsket.

Det ble satt ned 3 peilerør, PR1, PR2 og PR3 som vist i kartbilag 1, for å kunne måle endringer i grunnvannsspeilet under prøvepumping. Rørene har slisseåpninger i ca 1 m lengde som er satt i nivå ca 6,5 til 7,5 m under bakkenivå. I tillegg ble rørene i PR0 trukket opp til 7,5 m. Dette peilerøret viser endringen i grunnvannsnivået nær brønnen. Det står også igjen et peilerør på østsiden av elva fra undersøkelsene i 1981, tidligere kalt borpunkt 4, heretter benevnt PR4.

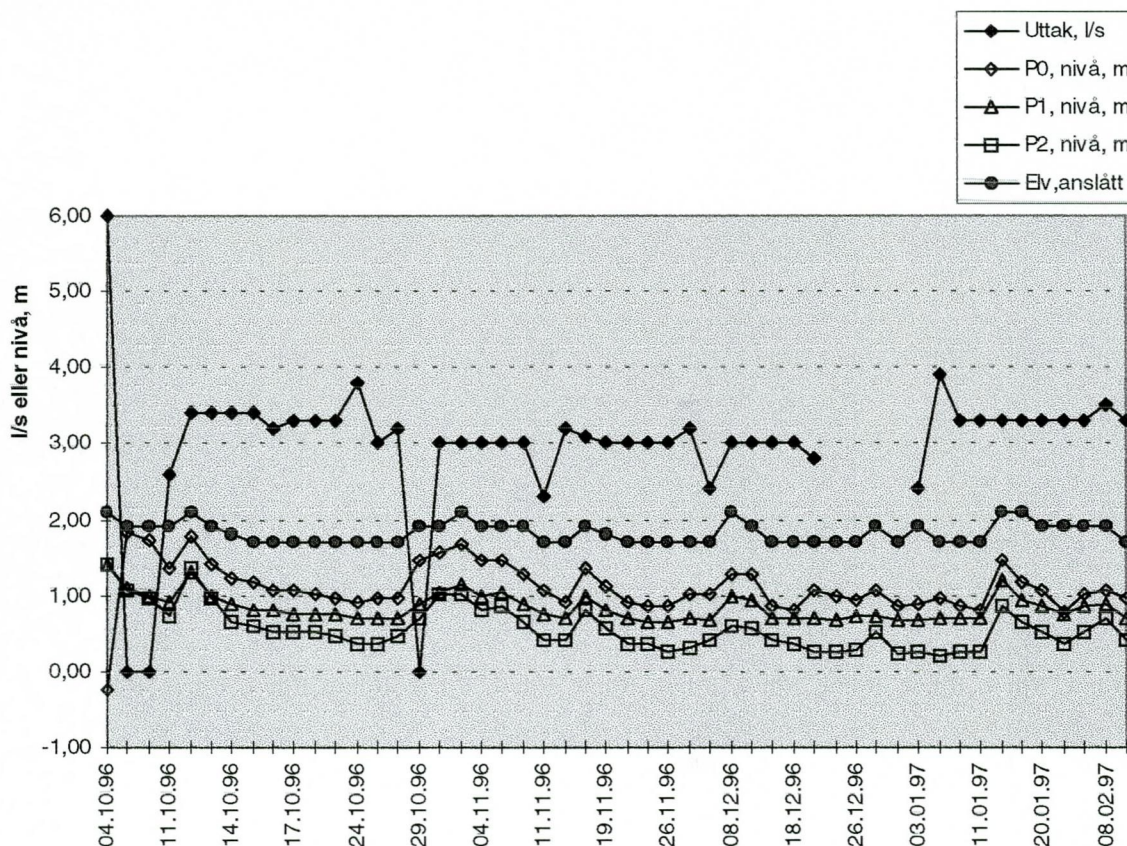
I peilerør PR3 sto vannstanden i røret ca 0,5 m over bakkenivå til tross for at overflaten virket relativt tørrlendt. En testpumping ga 0,3 l/s slik at det måtte være god kommunikasjon mellom peilerøret og grunnvannet. Det er altså tettende lag i løsmassene her slik at grunnvannet i dypere nivå kan stå med trykk fra den bakenforliggende skråningen.



## 5. LANGTIDS PRØVEPUMPING

Kommunen fikk lagt fram strøm til prøvebrønnen og en første prøvepumping ble igangsatt 04.10.96. Strupeventil var ikke montert på brønnhodet fra start slik at vannuttaket tilsvarte pumpas kapasitet på 6 l/s. Grunnvannsnivået i peilerør PR0 sank da 2,90 m fra 2,67 m o.h. til -0,23 m o.h.. I de øvrige peilerørene var det ingen entydige endringer. På grunn av faren for saltvannsinntrengning ble pumpingen avbrutt inntil strupeventil var montert.

Brønnen ble prøvepumpet fra 10. oktober til 15. februar 1997 med enkelte kortere stans. Uttaksmengden har vært ca 3 l/s som tilsvarer 5-6 ganger beregnet fremtidig forbruk og ca 10 ganger dagens forbruk. Grunnvannsstanden i peilerørene har vært målt med 2 til 3 dagers mellomrom. I figur 1 er grunnvannsnivået i peilerørene PR0, PR1 og PR2 plottet sammen med grunnvannsuttaget i l/s. Vannføringa i elva er gitt en tallverdi basert på vurderingen lav, middels eller høg vannføring og er også plottet i samme diagram. Denne kurven gir kun et kvalitativt inntrykk av endringene i elvevannføringa og må ikke brukes til beregninger. Det er likevel interessant å se hvordan grunnvannsspeilet varierer i takt med elva. Et grunnvannsuttak på 3-4 l/s ser ut til å påvirke grunnvannsnivået i svært liten grad, mens når uttaket var 6 l/s sank grunnvannsnivået kraftig omkring prøvebrønnen.



**Figur 1: Sammenstilling av målte grunnvannsnivåer i peilerørene PR0, PR1 og PR2, utpumpet grunnvann i l/s samt et kvalitativt anslag over endringer i elvevannføring.**

Beregning av grunnvannskotelinjer på bakgrunn av målinger i peilerørene (kartbilagene 97.052-03 og -04) indikerer at grunnvannet vanligvis mater Salbuelva øst for prøvebrønnen. Når elva har høy vassføring staves grunnvannet opp og trykkhøgden øker. Ved pumping synker grunnvannsspeilet like omkring brønnen og elvevann trekkes inn i avsetningen. I kartbilag 97.052-04 er grunnvannskotelinjene tegnet opp når grunnvannsstanden er på det laveste den 26. november. Under slike forhold ser det ut til at elva mater grunnvannet fra prøvebrønnen og vestover. Det ser ikke ut til at grunnvannsnivået i peilerørene PR1, PR2 og PR3 påvirkes av pumpingen.

Vannets ledningsevne ble jevnlig målt i peilerørene nærmest sjøen uten at det ble påvist tegn til innstrømming av salt grunnvann i løpet av prøvepumpingsperioden. Målinger av ledningsevne og temperatur i ulike peilerør tyder på at vannet i peilerør PR1 er sterkt påvirket av elvevann, mens det i peilerør PR2 er grunnvann med lengre oppholdstid. Vannet i peilerør PR0 (og i prøvebrønnen) ser ut til å være en blanding av grunnvann med lengre oppholdstid og infiltrert elvevann.

## 6. VANNKVALITET

I forbindelse med undersøkelsesboringen av testbrønnen (PR0) ble det tatt vannprøver for fysikalsk-kjemiske analyser i nivå 4,5-5,5 m og 10,5-11,5 m samt i prøvepumpingsbrønnen (7,2-10,2 m). 500 ml ufiltrerte prøver ble tatt for analyse av pH, ledningsevne, alkalitet, fargetall og turbiditet. 100 ml-prøver ble filtrert på 0,45 µm filter for analyse av anioner ved ionekromatografi. 100 ml-prøver ble filtrert på 0,45 µm filter og umiddelbart surgjort med salpetersyre for bestemmelse av kationkonsentrasjoner ved ICP-AES analyser.

I prøvepumpingsperioden ble det tatt vannprøver for fysikalsk-kjemiske analyser hver 14. dag. To parallelle 500 ml ufiltrerte prøver ble sendt til NGU der den ene prøven ble filtrert på 0,45 µm filter og splittet i en surgjort og en ikke-surgjort prøve. Resultatene for de fysikalsk-kjemiske parametrene er vist i databilag 2.1 og 2.2. I tillegg ble det tatt prøver som ble analysert for bakteriologisk kvalitet ved Sunnfjord og Ytre Sogn kjøtt- og næringsmiddelkontroll. Disse analysene er sammenfattet i databilag 2.3.

Vannet tilfredsstillende drikkevannsforskriftenes krav til fysikalsk-kjemiske parametre med unntak av pH og alkalitet som ligger under veiledende verdier. Fargetallet ligger innenfor tillatte grenser, men er høyere enn forventet for godt grunnvann. Sammenholdt med målinger av temperatur og ledningsevne, tyder dette på innslag av direkteinfiltrert elvevann.

Ved 3 anledninger har kimtall/totalt bakterieantall overskredet drikkevannsnormene mens termotabile koliforme bakterier har vært påvist ved en anledning. En permanent brønn bør derfor relokiseres lenger unna elva slik at grunnvannet får tilstrekkelig oppholdstid.

Forøvrig anbefales lufting, pH-heving og alkalisering av vannet før det leveres forbruker. I dette tilfellet hvor grunnvannet i utgangspunktet har så lavt innhold av kalsium, kan et kalksteinsfilter med fordel benyttes til alkalisering og pH-heving. I tillegg bør vannverket ha anlegg for desinfisering i beredskap med tanke på akutt forurensning eller forurensning av forekomsten over tid.

## **7. BRØNNPLASSERING OG DIMENSJONERING**

Det bør settes ned en større rørbrønn med plass til en 6" senkpumpe noe lenger fra elva enn eksisterende prøvebrønn. Georadarprofil P2 viser at løsmasseavsetningen blir gradvis grunnere mot nord. Vi anbefaler derfor at en permanent rørbrønn settes 10-12 m nord-nordvest for prøvebrønnen som vist i kartbilag 97.052-01.

Vi har følgende forslag til brønnutforming:

Materiale:	Rustfritt stål
Dimensjon:	Ø 168 mm
Total dybde:	11,5 m
Filterplassering:	8,5-10,5 m
Filtertype:	Con slot
Filteråpning:	1,0 mm
Pumpeplassering:	6,5-8,5 m
Antatt max. kap:	3 l/s

Målene er angitt fra markoverflaten.

Forslaget til brønnutforming er basert på boreresultatene og kornfordelingskurvene fra prøvepumpingsbrønnen og forutsetter at løsmassefordeling og dyp ikke er vesentlig forskjellig 12 m unna. Brønnutforming kan eventuelt bestemmes endelig under driving av foringsrørene på grunnlag av visuell vurdering av opp-blåste masser.

## **8. FORURENSNING OG FORSLAG TIL KLAUSULERING**

Sprekkeretninger i fjellblotninger like øst og like sør for Salbuosen tyder på at Salbuosen er en fjellkløft i øst-vest-retning som er utvidet ved marin erosjon og senere fylt opp med delta-avsetninger. Vekslende grove og finere sand og gruslag skrâner mot dypet vestover. Fjellet kommer fram i dagen flere steder i nord langs veien og like sør for Salbuelvas utløp i fjorden. Flere mindre bekker kommer ned lia og renner ut på grusterrassen mellom fylkesveien og

Salbuosen. Ved kraftig nedbør danner det seg en dam der som etterhvert mater grunnvannet. Salbuelva kommer inn over en fjellterskel like vest for der fylkesveien krysser. En betydelig del av grunnvannet i Salbuosen dannes sannsynligvis der elva renner inn på grusavsetningen, selv om elva igjen mates av grunnvann lenger vest. Umettet sone er 0,5-1,5 m mektig. I peilerør PR3 er grunnvannet artesisk.

Nord for Salbuosen ligger et trelastutsalg og et plaststøperi. Det er lite sannsynlig at eventuell forurensning herfra vil nå brønnen. Kloakk infiltreres i grunnen på grusterrassen nord for grunnvannsutttaket. Dette er ikke forenelig med uttak av drikkevann og må saneres.

I det undersøkte området i Salbuosen drives det idag gressproduksjon. Permanent gressdekke gir økt beskyttelse mot nedtrengning av næringsstoffer og andre forurensninger. Gressproduksjon bør derfor kunne fortsette såfremt kunstgjødsel bare brukes i vekstsesongen og avgrenses til optimalt nivå fastsatt i samråd med en jordbrukskyndig person. Se forøvrig restriksjonene nedenunder for ulike områder.

Dersom det foregår tankbiltransport av olje eller kjemikalier langs fylkesveien, bør det i tilfelle utforkjøring lages en beredskapsplan for håndtering av eventuelle utslipp som kan forurense grunnvannsavsetningen.

En antar at Salbuelva fungerer som en positiv hydraulisk barriere slik at de strengeste restriksjonene bare vil gjelde på nordsiden av elva. Akutte forurensninger i en elv vil bare i liten grad påvirke grunnvannet. Det er derfor normalt ikke påkrevet å beskytte elvas nedbørfelt.

Ved områdebeskyttelse av grunnvannsanlegg i løsmasser benyttes et soneinndelingssystem basert på grunnvannets oppholdstid og strømningsforhold. Restriksjonene avtar generelt sett i styrke med økende avstand fra brønnpunktet. Et forslag til sonegrenser er tegnet inn på kartbilag 97.052-05 og vi har følgende forslag til restriksjoner i de ulike sonene.

*Sone 3* er det ytre verneområdet som omfatter arealer som kanskje vil kunne influere på grunnvannets kvalitet. Sonen består i grove trekk av nedslagsfeltet som drenerer mot Salbuosen og til bekken i nord samt deltaavsetningen sør for Salbuelva. Etablering av industri som anses forurensningsfarlig, store lagre/tanker for olje og kjemikalier, søppelfyllplasser bør ikke tillates innenfor denne sonen. Utslipp av kloakk i grunnen bør kun vurderes tillatt i spesielle tilfelle.

*Sone 2* er det fjerne tilsigsområdet. Alt utpumpet vann skal være infiltrert innenfor dette området. Sonen omfatter store deler av sand- og grusavsetningen nord for Salbuelva med unntak av områdene vest og nord for brønnen som drenerer mot fjorden. Fulldyrket mark og bruk av plantevernmidler i fareklasse X, A og B bør ikke tillates. Kloakkledninger er uønsket

og må sikres mot lekkasjer. Bruk av naturgjødning bør forbys, men begrenset husdyrbeite kan tillates såfremt vegetasjonsdekket ikke tråkkes i stykker. Uthus kan settes opp, men boliger og hytter må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Uttak av løsmasser, også i elva, bør ikke forekomme.

*Sone 1* er det nære tilsigsområde der grunnvann i yttergrensen må bruke minimum 60 døgn fram til brønnen under full pumpebelastning. Denne er tillempet etter en beregnet radius på 40 m omkring brønnpunktet. Sonen er redusert til 30 m vest for brønnen og økt til 50 m i sørøst pga grunnvannets strømningsretning og skrålagenes fallretning. Beregningen forutsetter et gjennomsnittlig grunnvannsuttak på 1 l/s og sonen må utvides dersom uttaket økes utover dette. Innenfor sone 1 bør husdyrbeite, plantevernmidler i fareklasse C og all byggevirksomhet være forbudt.

Sone 0 er sikringssonen for brønninstallasjonen med minste radius 10 m fra brønnhodet. Overflaten planeres for å forhindre innsig i brønnen og tilsåes. Området inngjerdes for å holde uvedkommende vekk. Prøvebrønnen er utført i rustfritt stål og kan med fordel beholdes som reserve ved eventuelle driftsproblemer i hovedbrønnen. Prøvebrønnen bør derfor inkluderes i sone 0 og brønntoppen sikres i tillegg med låsbart lokk. Dersom øvrige peilerør blir stående, må disse også sikres med låsbart lokk.

For ytterligere opplysninger om områdebeskyttelse, henvises det til GIN-veileder nr 7, tabell 2 og til hefte A3 «Beskyttelse av grunnvannskilder» i Folkehelsas veiledningsserie Drikkevann.

## **9. REFERANSER**

Beres, M. Jr. og Haeni, F. P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeological studies. *Ground water* 29, 375-386.

Østlandskonsult AS - 1979: Forslag til vassforsyningsplan for Sørbøvågområdet. Oppdrag nr. 858.003.

Huseby, S. - 1981: Rapport etter oversiktsbefaring vedrørende grunnvannsmuligheter boligfelt ved Salbuosen i Hyllestad kommune, Sogn og Fjordane. NGU-rapport nr O-81053.

Hallingdal bergboring - 1981: Rapport etter grunnundersøkingar, Salbuosen i Hyllestad kommune, 8106.

Huseby, S. - 1981: Grunnvannsforsyning til boligfelt i Salbuosen. NGU-rapport nr O-81103.

Østlandskonsult AS - 1988: Hyllestad kommune. Vassforsyning Sørbøvåg. Oppdrag nr. 858.012.

Jæger, Ø. og Lutro, O.: Grunnvann i Hyllestad kommune. NGU-rapport 91.071.

Statens Institutt for Folkehelse - 1987: Beskyttelse av grunnvannskilder. Veiledningsserie Drikkevann A3.

NGU/Miljøverndepartementet - 1992: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. GIN-veileder nr. 7. NGU skrifter 105.

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallell med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

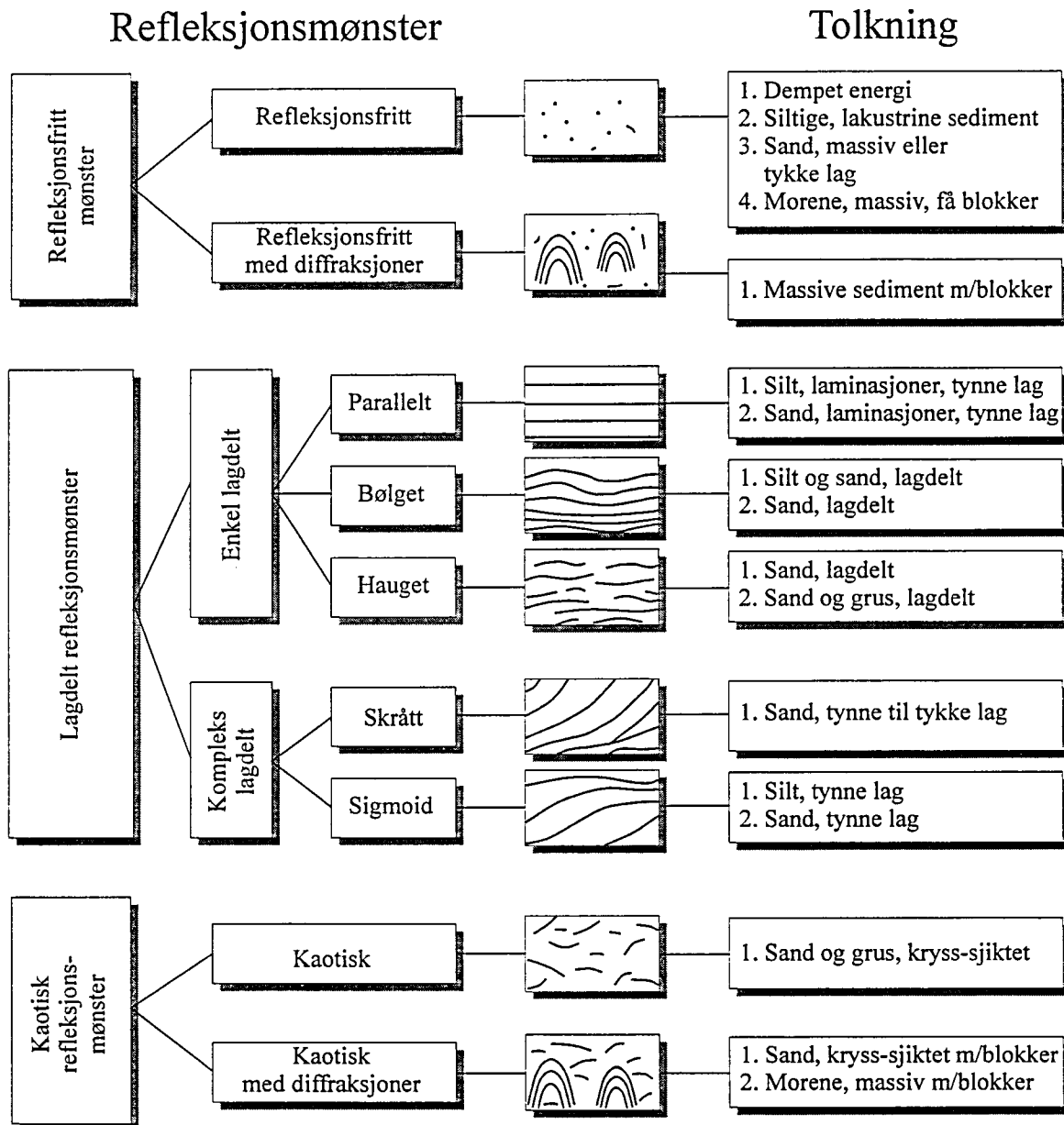


Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	$\epsilon_r$	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	1	0.3	0
<i>Ferskvann</i>	81	0.033	0.1
<i>Sjøvann</i>	81	0.033	1000
<i>Leire</i>	5-40	0.05-0.13	1-300
<i>Tørr sand</i>	5-10	0.09-0.14	0.01
<i>Vannmettet sand</i>	15-20	0.07-0.08	0.03-0.3
<i>Silt</i>	5-30	0.05-0.13	1-100
<i>Fjell</i>	5-8	0.10-0.13	0.01-1

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.





Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

## HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

### 1 SONDERBORINGER I LØSMASSER

#### a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros borerigg og Ø57 mm krone med vannspyling. Boringen er hydraulisk drevet og kan gjøres med både rotasjon og slag. Vanligvis bores det til 20-30 m dyp eller til fjell, men ellers er lengden av sonderstrengen eneste begrensning i mulig boredyp. For å få en mest mulig sikker kontroll av fjelldyp, bores det min. 0.5 m ned i fjellet.

Sonderboringer kan også gjøres med håndholdt borutstyr (pionar slagbormaskin). Det benyttes 40 mm firkantet sonderspiss og Ø25 mm sonderstenger av en meters lengde. Denne boremetoden er mest brukt på lokaliteter med vanskelig tilgjengelighet og ved grunne boringer.

#### b) Dataregistreringer

Under boring med Borros borerigg registreres borsynk (sekund/m), vanntrykk (kg), om det brukes slag under boring og karakterisering av boreslammet (farge og kornstørrelse). Ved sonderboring med håndholdt borutstyr registreres borsynk og friksjonslyden ved dreining av sonderspissen.

#### c) Tolkning

Ut fra dataregistreringene og egne vurderinger gjør boreingeniøren en tolkning av massene for hver meter. Fargen på boreslammet sier i tillegg noe om det er oksyderende (brunt spylevann) eller reduserende forhold (grått spylevann) i magasinet. Hvis spylevannet forsvinner i grunnen, gir vanntrykket en indikasjon på massenes hydrauliske ledningsevne.

Ved sonderboring med håndholdt borutstyr vurderes løsmassetyper for hver meter ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderspissen.

### 2 TESTPUMPINGER

#### a) Metodikk

Hvis sonderboringen indikerer egnede masser for grunnvannsuttak, blir det boret en undersøkelsesbrønn for kapasitetsmålinger og prøvetaking av masser og grunnvann i bestemte nivå i magasinet. Brønnen bores med samme utstyr som sonderboringene og den settes ned i et forboret hull. Undersøkelsesbrønner lages av Ø32 mm damprør med en meter filterlengde bestående av 3-5 mm brede slisser. Det finnes også spesielle sandspisser til dette formålet. Før testpumpingen spyles brønnen ren for masser som har trengt inn under boring. Testpumpingen skjer ved bruk av bensindrevet sugepumpe med en kapasitet på 5 l/s. For å kunne vurdere kapasiteten i hvert nivå og for å få klart grunnvann til prøvetaking, må det bygges opp et naturlig grusfilter rundt brønnfilteret. Dette gjøres ved vekselvis spyling og pumping av brønnen, dreining av hele brønnrøret og/eller ved å starte og stoppe pumpa gjentatte ganger. For å få pumpet opp vann med sugepumper må dybden til grunnvannsnivået ikke være større enn 6-7 m.

### b) Dataregistreringer

Før pumping starter måles grunnvannsstanden i testbrønnen. I hvert nivå hvor det blir testpumpet, blir brønnens vanngiverevne målt (l/s) og det blir tatt prøver av grunnvannet etter ca. 15 min. pumping. Grunnvannsstanden blir også målt like etter pumpingen. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsføremkomst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå.

### c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumping blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet's hydrauliske egenskaper og til å bestemme lokalisering og filterplassering til eventuelle fullskala pumpebrønner.

## **3 SEDIMENTPRØVETAKING**

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumping. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekaret. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet spesielle prøvetakere.

Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

## **4 BORINGER AV FJELLBRØNNER**

### a) Metodikk

Fjellbrønner blir boret med Nemecc borerigg og Ø140 mm borkrone med luftspyling. Det blir benyttet foringsrør ned til fast fjell. Boreriggen kan bore skråbrønner, opptil 45° fra loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for innrasing i hullet (løst fjell) eller på grunn av klare indikasjoner på tilstrekkelige vannmengder på mindre dyp.

### b) Dataregistrering

Under boring registreres borsynk, farge på borkaks, svakhetssoner/sprekker, dybde til eventuelle vanninnslag og anslått mengde vann som blåses opp under boring.

### c) Tolkning

Ut fra fargen og forandringer av fargen på borkakset kan man vurdere bergartstype, type svakhetszone og bergartsgrenser. Vannmengden som blåses opp under boring gir grunnlag for kapasitetsanslag.

## 5 TESTPUMPIINGER AV FJELLBRØNNER

Til testpumping av fjellbrønner benyttes en Ø95 mm elektrisk dykkpumpe og strømaggregat. Pumpa plasseres på min. 45 m dyp, eller ca. 2 m over bunnen hvis brønn dyppet er mindre enn 45 m. Kapasiteten kan måles på flere måter. En metode er å først lense borhullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over en periode på 1-3 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten beregnes ut fra senkningen av grunnvannspeilet og pumperaten.

## 6 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING

### a) Metodikk

Fullskala, langtids prøvepumping av løsmassebrønner kan skje ved bruk av forskjellige brønntyper og pumper avhengig av forventet grunnvannsnivå under pumping, pumperate og av sjansene for at brønnen senere kan benyttes til produksjonsbrønn.

**Tabell 1: Brønn- og pumpetyper som benyttes til fullskala prøvepumping.**

Brønntype	Pumpetype	Pumperate	Grunnvannsstand under pumping	Produksjonsbrønn
Ø50-100 mm damprør med oppslisset filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-20 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Nei
Ø50-76 mm brønn i rustfritt stål og med f.eks. Con Slot filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-10 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Ja
Ø 150-500 mm rørbrønn.	El. Senkpumpe	1-50 l/s pr. brønn	Ingen begrensning	Ja

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm damprør med filter bestående av oppslisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Opp-pumpet grunnvann blir ledet bort fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

### b) Dataregistrering

Før og under prøvepumpingen blir grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene målt ved hjelp av et spesiallaget målebånd. Målingene blir gjort med korte tidsintervall i starten og stadig lengre intervall etter hvert. I tillegg blir pumperaten målt, enten manuelt med målekar og stoppeklokke eller ved hjelp av automatisk vannmåler. Det prøvempes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvempes ett år slik at man får med eventuelle seshongvariasjoner i nedbør og vannføring i nærliggende vassdrag som kan ha innvirkning på kapasitet og grunnvannskvalitet.

### c) Tolkning

Pumperaten og senkningen av grunnvannsnivået under pumping gir grunnlag for beregning av hydrauliske parametere som igjen brukes til vurderinger av magasinets/brønnens totale kapasitet og utbredelsen av klausulerinssonene (se GiN-veileder nr. 7).

#### d) Langtids prøvepumping av fjellbrønner

Langtids prøvepumping av fjellbrønner skjer stort sett etter de samme prinsipper som prøvepumping av løsmassebrønner. Pumpeperioden bør være minst tre måneder. Pumpa bør dimensjoneres ut fra kapasiteten funnet ved testpumpingen og maksimal løftehøyde (i en driftsfase). Som oftest har man ingen eller svært få peilebrønner rundt pumpebrønnen. Dette gjør det vanskelig å beregne hydrauliske parametere og størrelsen på klausuleringssoner. Kapasiteten måles sikrest ved bruk av automatisk vannmåler på utløpsledningen fra pumpa etter at pumperaten er regulert slik at vannstanden i borehullet innstiller seg i et konstant nivå like over pumpa. Det er da likevekt mellom uttatt vannmengde og det maksimale tilsiget av grunnvann til brønnen. Utløpsledningen føres såpass langt bort fra brønnen at det ikke kan skje reinfiltrasjon av opp-pumpet vann langs brønnrøret eller i nærliggende fjellsprekker som står i hydraulisk kontakt med grunnvannsmagasinet.

Under pumpeperioden tas det vannprøver til både fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser minimum en gang pr. måned.

## **7 VANNPRØVETAKING**

Under grunnvannsundersøkelser tas det vannprøver til fysikalsk-kjemiske analyser fra:

- undersøkelsesbrønner i løsmasser
- borede fjellbrønner
- kildeutslag
- prøvepumpingsbrønner
- nærliggende produksjonsbrønner
- nærliggende overflatevann som kan infiltrere i grunnvannsmagasinet

Prøvetakingen av grunnvann fra undersøkelsesbrønner blir tatt etter min. 15 min. pumping og fra borede fjellbrønner etter min. 1 times pumping. Vannprøver fra eksisterende produksjonsbrønner tas så nær inntaket som mulig.

Hver vannprøve omfatter en 500 ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0.45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser og en 100 ml filtrert og surgjort prøve (tilsatt 0.5 ml ultraren 65 % salpetersyre) til kationanalyser. Vannprøvene blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGU's laboratorium.

## **8 FELTANALYSER**

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO<sub>3</sub>), CO<sub>2</sub>-innhold og O<sub>2</sub> -innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordelen med feltanalysene er at de gir raske indikasjoner på grunnvannskvaliteten. Dette kan ha stor betydning for feltundersøkelsene i og med at foreløpige resultater av grunnvannskvalitet gir grunnlag for omprioriteringer av borer/lokalteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

## 9 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsiktning av materiale større enn 0.063 mm med bruk av følgende siktesats: 0.0625 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.0 mm, 8.0 mm og 16 mm. Hvis mer enn 10 % av prøven er mindre enn 0.0625 mm blir det kjørt sedigrafanalyse på oppslemmet materiale av denne prøvedelen.

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

- ledningsevne
- pH
- alkalitet
- fargetall
- turbiditet
- 30 kationer
- 7 anioner

Bestemmelse av ledningsevne blir gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.004 mS/m og en målenøyaktighet på  $\pm 2\%$  for verdier over 0.2 mS/m,  $\pm 0.004$  mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og  $\pm 0.003$  mS/m i måleområdet  $< 0.004$  mS/m.

pH-verdien blir bestemt etter NS 4720 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter med en analyseusikkerhet på  $\pm 0.05$  pH.

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på  $\pm 2.5\%$  for verdier over 2.0 mmol/l,  $\pm 0.04$  mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og  $\pm 0.03$  mmol/l i måleområdet 0.03-0.2 mmol/l.

Fargetallet bestemmes etter NS 4787 og instrumenttypen er et SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer med en nedre bestemmelsesgrense på 1.4 og en analyseusikkerhet på  $\pm 7.5\%$ .

Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723. Måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 FTU og en analyseusikkerhet på  $\pm 0.04$  FTU i måleområde 0.05-1.0,  $\pm 0.4$  FTU i måleområde 1.0-10,  $\pm 4$  FTU i område 10-100 og  $\pm 40$  FTU i område 100-1000 FTU.

Standardanalyse av 30 forskjellige elementer bestemmes ved ICP og bruk av måleinstrumentet Thermo Jarrell Ash ICP 61. Nedre bestemmelsesgrenser og analyseusikkerhet går fram av tabell 2:

I tillegg kan tungmetaller som Pb, Cd, Hg, As, Se og Sb bestemmes ved bruk av atomadsorpsjon og med en målenøyaktighet som tilfredsstillende krav som stilles i Forskriftene om vannforsyning og drikkevann m.m. (Sosial- og Helsedepartementet, 1995).

**Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.**

Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet	Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet
Si	20 ppb	10 %	V	5 ppb	
Al	20 ppb	10 %	Mo	10 ppb	10 %
Fe	10 ppb		Cd	5 ppb	20 %
Ti	5 ppb		Cr	10 ppb	
Mg	50 ppb		Ba	2 ppb	
Ca	20 ppb		Sr	1 ppm	
Na	50 ppb	10 %	Zr	5 ppb	10 %
K	500 ppb	20 %	Ag	10 ppb	10 %
Mn	1 ppb		B	10 ppb	10 %
P	100 ppb		Be	1 ppb	
Cu	5 ppb		Li	5 ppb	20 %
Zn	2 ppb		Sc	1 ppb	
Pb	50 ppb	20 %	Ce	50 ppb	20 %
Ni	20 ppb		La	10 ppb	10 %
Co	10 ppb		Y	1 ppb	

Sju forskjellige anioner bestemmes ved en IC-analyse der instrumenttypen er en Dionex ionekromatograf 2120i. Nedre bestemmelsesgrense går fram av følgende tabell:

**Tabell 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner**

ION	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Nedre bestemmelsesgrense - mg/l	0.05	0.1	0.05	0.10	0.05	0.2	0.1

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen ( $\Sigma$ kationer =  $\Sigma$ anioner) Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

$$(\Sigma kationer - \Sigma anioner) / (\Sigma kationer + \Sigma anioner) \times 100 \%$$

Avhengig av totalkonsentrasjonen kan ionebalanseavviket si om totalkvaliteten i analysen er tilfredsstillende. Ionebalanseavviket bør være mindre enn følgende verdier for at analysen er akseptabel:

$\Sigma$ Anioner + $\Sigma$ kationer [mekv/l]	20	7	0.9
Ionebalanseavvik [%]	2	3	12

Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne gir også muligheter for å kontrollere analyseresultatene.

NGU, faggruppe for laboratorier er akkreditert for alle de nevnte analysene (akkrediteringsdokument P020), og en nærmere beskrivelse av kvalitetssikring, produksjonsrutiner og måleutstyr er gitt i NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-lab.

## LITTERATUR

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

Bjerkli, K., 1994: NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-LAB. *Norges geologiske undersøkelse*.

GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 7, 1990: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.



## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Salbuosen, Hyllestad kommune

UTFØRT DATO: 01.10.96

BORPUNKT NR: PR0

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING:                      UNDERSØKELSESRØNN: 32 mm

UTM-KOORDINATER:                      SONE: 32V                      Ø-V: 0295346   N-S: 6793447

KARTBLAD (M711):

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 2 m

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,10 m

MERKNAD: Flyttet 2,6 m mot vest og boret til 13,5 m med Ø89 mm og satte ned Ø60 mm rustfritt con slot filter med 1,5 mm lysåpning. Filter fra 7,2 til 10,2 m. 8 m stigerør.

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [ °C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stein, grus, sand		S	-	Brunt				
3,5	Grus, sand	0,40	S	-	Borte				
	Grus, sand	1,00	DS	-	Borte				
5,5	Grus, sand	1,00	S	-	Borte	9,3		2,5-3	MP + VP, L = 69
	Grus, sand	0,40	S	-	Borte				
7,5	Grus, sand	1,00	DS	-	Borte				
	Grus, sand	1,00	DS	-	Borte				
9,5	Grus, sand	1,25	DS	-	Borte	6,7		3	MP + VP, L = 101
	Grus, sand	0,50	DS	-	Borte				
11,5	Grus, sand	1,00	S	-	Borte				
	Grus, sand, noe grovt	1,40	S	0 - 4	Borte	7,0		2	Stein, MP + VP, L = 99,8
13,5	Sand, noe grusig	0,55	DS	5	Borte				Noe tettere masser
	Sand, noe grusig	1,15	S	8	Borte	8,8		0,5	MP + VP, L = 97,8
15,5	Sand, noe grusig	0,55	S	5	Borte				
	Sand, hardere	1,20	S	2 - 5	Borte				Mer finsand
17,5	Sand/Finsand	2,40	S	2 - 5	Borte				
	Finsand/Siltig /fjell? fra								
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]

**FYSIKALSK-KJEMISKE PARAMETRE**

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1117 II

KOMMUNE: Hyllestad

PRØVESTED: Salbuosen

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0250

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	PRO Salbuosen	PRO Salbuosen	1 Salbuosen	1 Salbuosen	1 Salbuosen	1 Salbuosen					
Dato	01.10.96	01.10.96	01.10.96	21.10.96	03.11.96	17.11.96					
Brønntype	Testbrønn	Testbrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn					
Prøvedyp m	4,5-5,5	10,5-11,5	7,2-10,2	7,2-10,2	7,2-10,2	7,2-10,2					
Brønndimensjon mm	32	32	60	60	60	60					
X-koordinat Sone: 32V	0295346	0295346	0295346	0295346	0295346	0295346					
Y-koordinat Sone:	6793447	6793447	6793447	6793447	6793447	6793447					
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Veiledende verdi</b>	<b>Største tillatte konsentrasjon</b>			
Surhetsgrad, felt/lab pH		6,28	6,11	6,42	6,34	6,47	6,12	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>		
Ledningsevne, felt/lab $\mu$ S/cm	67	69	97	100	108	98	64	66	60	< 400	
Temperatur $^{\circ}$ C	9,3	6,9	7,1	8	7,5	6,5				< 12	25
Alkalitet mmol/l	0,19	0,20	0,36	0,16	0,14	0,13				0,6-1,0 <sup>2</sup>	
Fargetall mg Pt/l	16,7	9,6	16,7	5,7	19,4	11,1				< 1	20
Turbiditet F.T.U	4,1	0,78	2,1		0,12	0,14				< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l										> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l										< 5 <sup>2</sup>	
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV											
<b>Anioner</b>											
Fluorid mg F/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				1,5
Klorid mg Cl/l	7,96	14,4	12,4	8,27	8,12	7,55				< 25	
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05					0,16
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	5,35	6,41	9,03	5,27	4,50	3,28					44
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2					
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	3,59	5,04	5,55	4,16	4,48	4,40				< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l											
<b>Kationer</b>											
Silisium mg Si/l	1,0	1,7	1,8	1,3	1,4	1,4					
Aluminium mg Al/l	0,108	0,049	0,061	0,125	0,039	0,042				< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,080	0,076	0,037	0,018	<0,01	<0,01				< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	0,95	1,4	1,4	1,1	1,0	0,909					20
Kalsium mg Ca/l	4,5	5,5	5,7	5,2	4,1	3,5				15-25 <sup>2</sup>	
Natrium mg Na/l	5,4	7,8	6,7	6,2	5,3	4,8				< 20	150
Kalium mg K/l	1,5	2,8	3,1	1,4	1,3	1,4				< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,005	0,01	0,009	0,004	0,003	0,007				< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,005	0,006	<0,005				< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l	0,012	0,006	0,005	0,009	0,006	0,009				< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05					0,02
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02					0,05
Kadmium mg Cd/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05					0,005
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01					0,05
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01					0,01
Sum kationer <sup>3</sup> meq/l											
Ionebalanseavvik <sup>4</sup> %											

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik =  $\frac{\Sigma \text{kationer} - \Sigma \text{anioner}}{(\Sigma \text{kationer} + \Sigma \text{anioner})} \cdot 100\%$

## FYSIKALSK-KJEMISKE PARAMETRE

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1117 II

KOMMUNE: Hyllestad

PRØVESTED: Salbuosen

OPPDRAKSNUMMER: 96.0359, 97.0015 og 0044

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	1	1	1	1	1	1				
	Salbuosen	Salbuosen	Salbuosen	Salbuosen	Salbuosen	Salbuosen				
Dato	01.12.96	15.12.96	05.01.97	20.01.97	03.02.97					
Brønntype	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn					
Prøvedyp	m	7,2-10,2	7,2-10,2	7,2-10,2	7,2-10,2	7,2-10,2				
Brønndimensjon	mm	60	60	60	60	60				
X-koordinat	Sone:	0295346	0295346	0295346	0295346	0295346				
Y-koordinat	Sone:	6793447	6793447	6793447	6793447	6793447				
<b>Fysisk/kjemisk</b>									Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon
Surhetsgrad, felt/lab	pH	6,34	6,04	6,02	6,12	6,81			7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>
Ledningsevne, felt/lab	µS/cm	52	54	48	52	69			< 400	
Temperatur	°C	4,4	5,3	3,4	4,5	4,5			< 12	25
Alkalitet	mmol/l	0,11	0,12	0,10	0,14	0,13			0,6-1,0 <sup>2</sup>	
Fargetall	mg Pt/l	7,0	10,6	8,0	6,9	6,8			< 1	20
Turbiditet	F.T.U	0,11	0,16	0,14	0,12	0,31			< 0,4	4
Oppløst oksygen	mg O <sub>2</sub> /l								> ca 9	
Fritt karbondioksid	mg CO <sub>2</sub> /l								< 5 <sup>2</sup>	
Redoks.potensial, E <sub>h</sub>	mV									
<b>Anioner</b>										
Fluorid	mg F/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				1,5
Klorid	mg Cl/l	7,55	7,33	6,62	6,61	6,37			< 25	
Nitritt	mg NO <sub>2</sub> /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				0,16
Brom	mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Nitrat	mg NO <sub>3</sub> /l	2,42	2,76	2,21	2,51	2,28				44
Fosfat	mg PO <sub>4</sub> /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2				
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l	4,19	4,19	4,37	4,08	4,10			< 25	100
Sum anioner+alkalitet	meq/l									
<b>Kationer</b>										
Silisium	mg Si/l	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3				
Aluminium	mg Al/l	0,037	0,080	0,066	0,056	0,038			< 0,05	0,2
Jern	mg Fe/l	0,015	<0,010	0,012	<0,010	<0,010			< 0,05	0,2
Magnesium	mg Mg/l	0,81	0,87	0,76	0,81	0,78				20
Kalsium	mg Ca/l	2,7	3,0	2,4	2,8	11,0			15-25 <sup>2</sup>	
Natrium	mg Na/l	4,7	4,6	4,2	4,6	4,4			< 20	150
Kalium	mg K/l	0,975	1,4	1,4	1,2	1,2			< 10	12
Mangan	mg Mn/l	0,003	0,0038	0,0043	0,0041	0,0169			< 0,02	0,05
Kobber	mg Cu/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			< 0,1	0,3
Sink	mg Zn/l	0,015	0,005	0,004	0,003	0,003			< 0,1	0,3
Bly	mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				0,02
Nikkel	mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				0,05
Kadmium	mg Cd/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				0,005
Krom	mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				0,05
Sølv	mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				0,01
Sum kationer <sup>3</sup>	meq/l									
Ionebalanseavvik <sup>4</sup>	%									

1. Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4. Ionebalanseavvik = Σkationer - Σanioner / (Σkationer + Σanioner) · 100%

## ANALYSERESULTAT MIKROBIOLOGISKE PARAMETRE utført ved Sunnfjord og Ytre Sogn Kjøt- og næringsmiddelkontroll

Prøvedato	Kimtall 22°C, 3 døgn /ml	Koliforme bakt. /100 ml	Termost koliforme bakterier /100 ml	Kimtall 37°C 2 døgn /ml	pH	Fargetall mgPt/l
15.10.96	40	0	0	0		
12.11.96	170	1	0	0		
26.11.96	40	0	0	0		
17.12.96	460	3	1	0		
14.01.97	410	0	0	1		
21.01.97	16	0	0	0		
11.02.97	15	0	0	-		
18.02.97	15	0	0	0	5,8	1,9

Krav*	Kimtall 22°C, 3 døgn /ml	Koliforme bakt. /100 ml	Termost koliforme bakterier /100 ml	Kimtall 37°C 2 døgn /ml
Veiledende verdi	100			10
Største tillatte konsentrasjon		0	0	

\*Krav til mikrobiologiske parametre i Forskrift om vannforsyning og drikkevann  
 Det Kgl. Sosial- og helsedepartement, 1995.

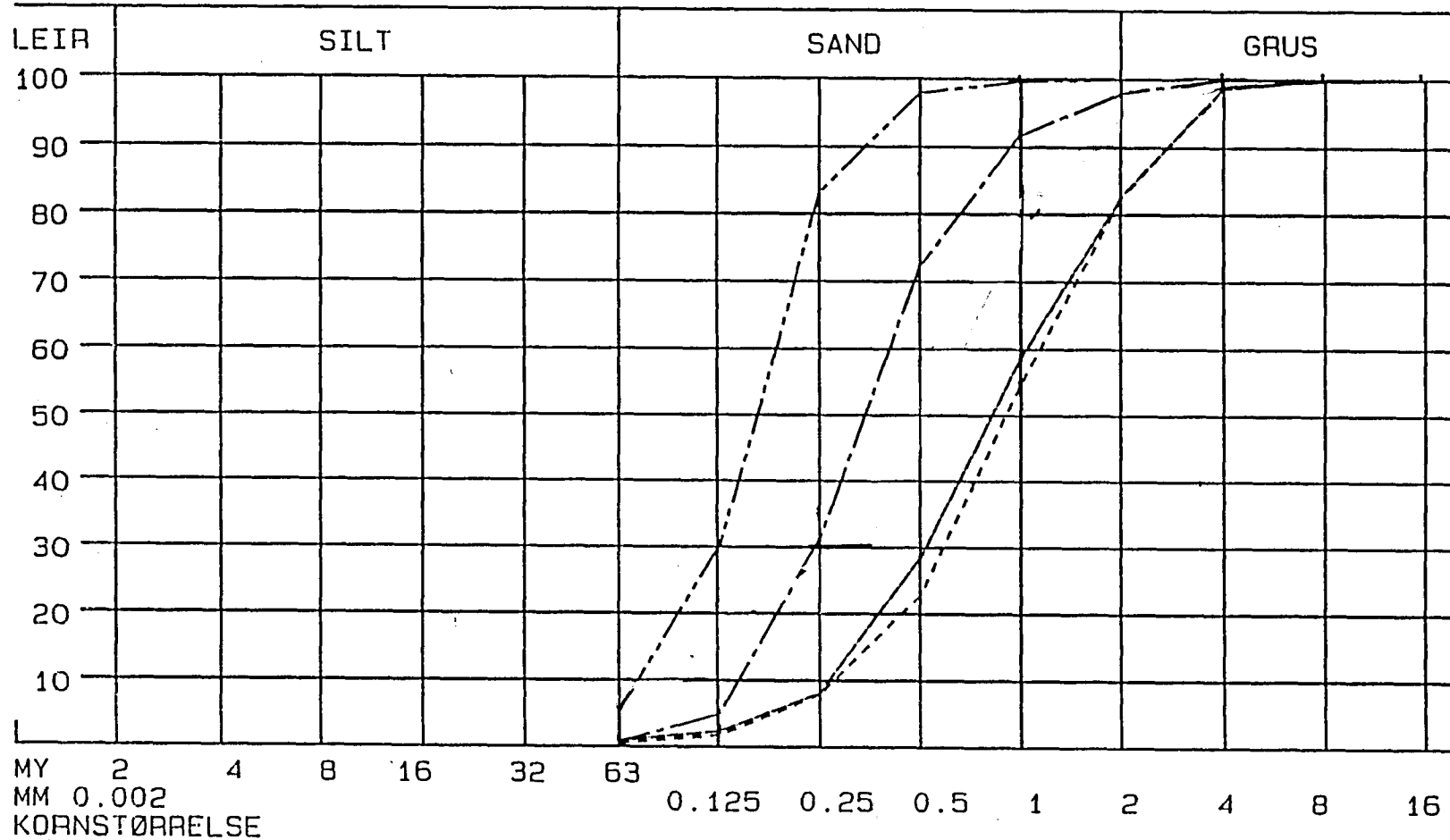
**GRUNNVANNSNIVÅ I PEILERØR**

Dato	Uttak, l/s	Nivå, PR0, m o.h.	Nivå, PR1, m o.h.	Nivå, PR2, m o.h.	Nivå, PR3, m o.h.	Merknad
04.10.96	6,00	-0,23	1,40	1,41	4,16	Høg elv
08.10.96	0	1,82	1,10	1,06	4,16	Middels elv
10.10.96	0	1,72	1,00	0,96	4,16	Start pumping 09.30
11.10.96	2,6	1,35	0,91	0,73	4,11	Middels elv
12.10.96	3,4	1,79	1,30	1,36	4,16	Høg elv
13.10.96	3,4	1,42	1,00	0,96	4,16	Middels elv
14.10.96	3,4	1,22	0,90	0,66	4,06	Middels/lav elv
15.10.96	3,4	1,17	0,82	0,61	3,91	Lav elv
16.10.96	3,2	1,07	0,80	0,51	3,76	Lav elv
17.10.96	3,3	1,07	0,75	0,51	3,76	Lav elv
18.10.96	3,3	1,02	0,75	0,51	3,66	Lav elv
19.10.96	3,3	0,97	0,75	0,46	3,61	Lav elv Strøbrudd
23.10.96						Pumpestart 09.00
24.10.96	3,8	0,92	0,70	0,36	3,41	Lav elv
25.10.96	3	0,97	0,70	0,36	3,36	Lav elv
26.10.96	3,2	0,97	0,70	0,46	3,36	Lav elv Pumpestopp 28/10 18.30
29.10.96	0	1,47	0,90	0,71	4,16	Middels elv. Målt før pumpestart.
31.10.96						Start 08.15 etter strømstans
01.11.96	3	1,57	1,05	1,01	4,16	Middels elv. Mye nedbør siste 2 d.
03.11.96	3	1,67	1,15	1,01	4,16	Høg elv. Mye nedbør
04.11.96	3	1,47	1,00	0,81	4,16	Middels elv
06.11.96	3	1,47	1,05	0,86	4,16	Middels elv
08.11.96	3	1,27	0,90	0,66	4,06	Middels elv. 5 cm snø
11.11.96	2,3	1,07	0,75	0,41	3,71	Lav elv. 10 cm snø
14.11.96	3,2	0,92	0,70	0,41	3,56	Lav elv. Litt regn
16.11.96	3,1	1,37	1,00	0,81	4,06	Middels elv. Noe regn siste 2 d
19.11.96	3	1,12	0,80	0,56	4,16	Middels/lav elv. Frost -6
22.11.96	3	0,92	0,70	0,36	4,16	Lav elv
24.11.96	3	0,87	0,65	0,36	4,16	Lav elv
26.11.96	3	0,87	0,65	0,26	4,16	Lav elv. Ikke nedbør siden 17. Frost -5
01.12.96	3,2	1,02	0,70	0,31	4,16	Lav elv. Pumpestopp
02.12.96						Lav elv. Pumpestart 09.00
03.12.96	2,4	1,02	0,67	0,41	3,16	Lav elv
08.12.96	3	1,27	1,00	0,61	3,81	Høg elv. Mye nedbør
12.12.96	3	1,27	0,95	0,56	3,96	Middels elv. Mildt +5
16.12.96	3	0,87	0,70	0,41	4,16	Lav elv. Frost. Snø 30 cm
18.12.96	3	0,82	0,70	0,36	4,16	Lav elv. Frost. Snø 40 cm
21.12.96	2,8	1,07	0,70	0,26	4,16	Lav elv. Frost og snø
22.12.96		0,99	0,68	0,26	4,16	Lav elv. Frost og snø
26.12.96		0,95	0,72	0,29	4,16	Lav elv. Frost og snø
29.12.96		1,06	0,74	0,52	4,16	Middels elv
31.12.96		0,87	0,68	0,23	4,16	Lav elv
03.01.97	2,4	0,90	0,69	0,25	4,16	Middels elv
05.01.97	3,9	0,97	0,70	0,21	4,16	Lav elv
08.01.97	3,3	0,87	0,70	0,26	4,16	Lav elv
11.01.97	3,3	0,82	0,70	0,26	4,16	Lav elv. Ingen nedbør
14.01.97	3,3	1,47	1,20	0,86	4,06	Høg elv. Voldsom nedbør. Stormflo
18.01.97	3,3	1,17	0,95	0,66	4,06	Høg elv
20.01.97	3,3	1,07	0,85	0,51	3,96	Middels elv. Mindre nedbør
26.01.97	3,3	0,77	0,75	0,36	3,61	Middels elv
31.01.97	3,3	1,02	0,85	0,51	4,01	Middels elv
08.02.97	3,5	1,07	0,90	0,71	4,11	Middels elv,. Regnvær
15.02.97	3,3	0,97	0,70	0,41	4,16	Lav elv. Ikke regn siden 12. kaldt og snø

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

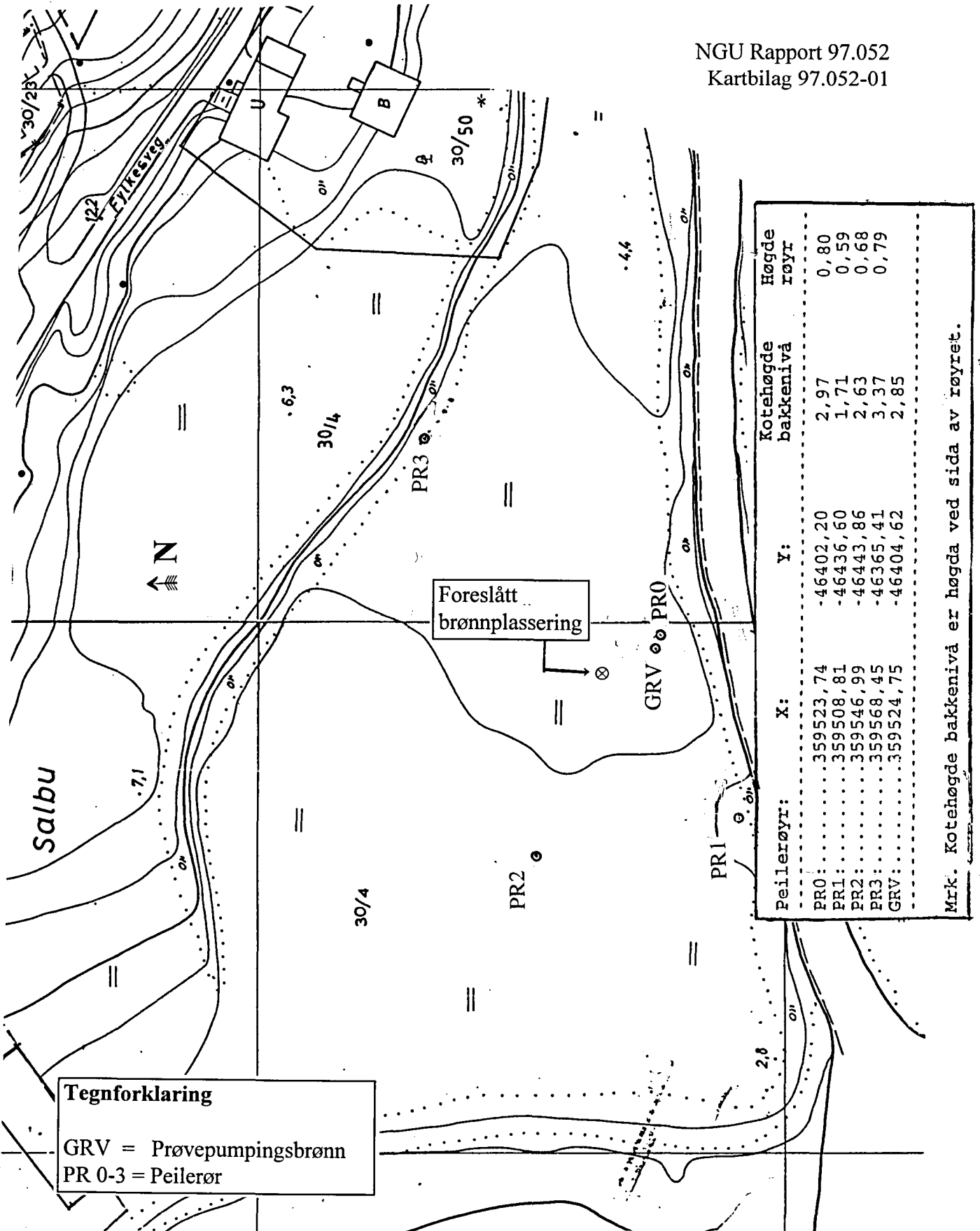
XXX XXX



KORNFORDELINGSKURVER

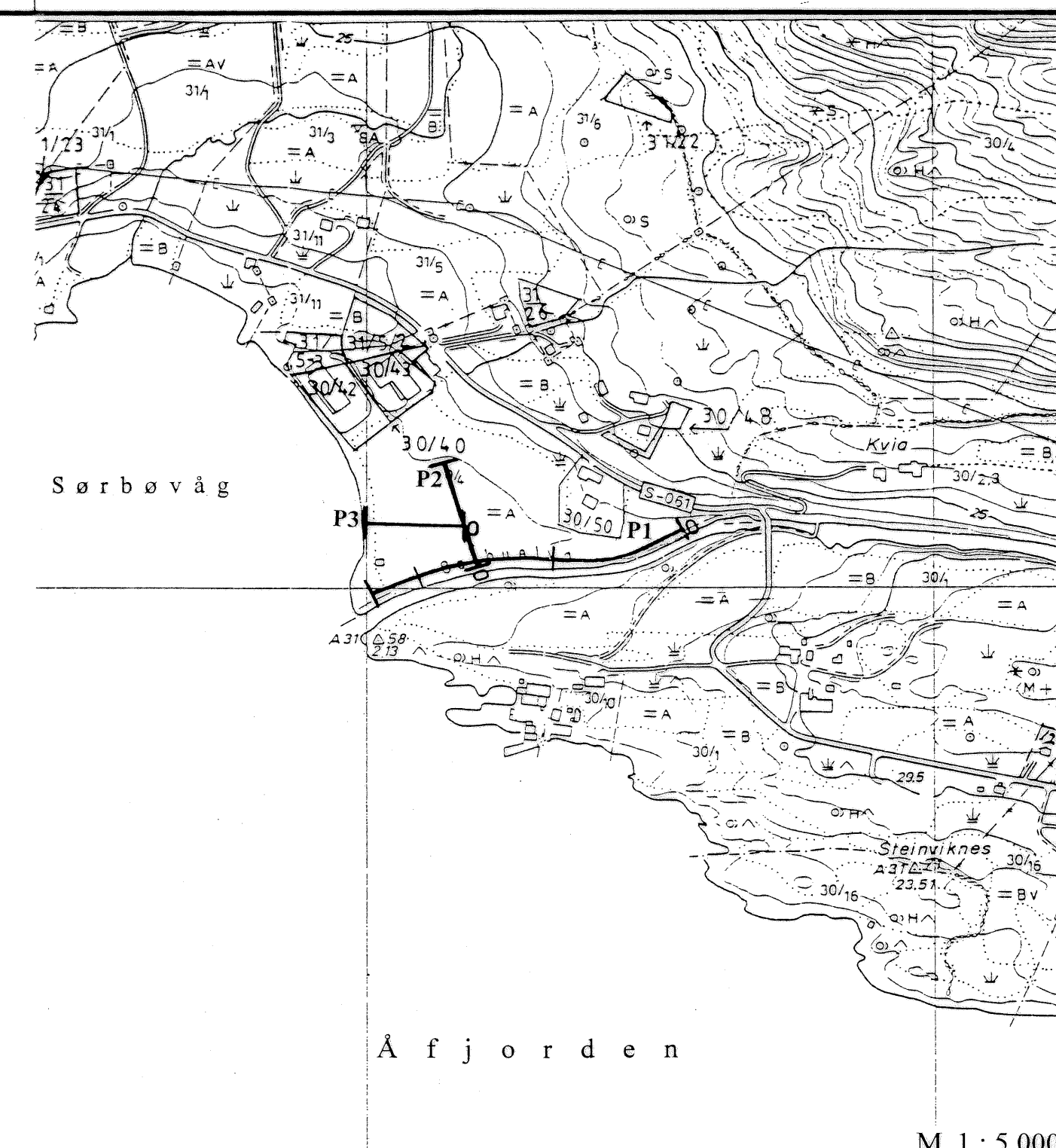
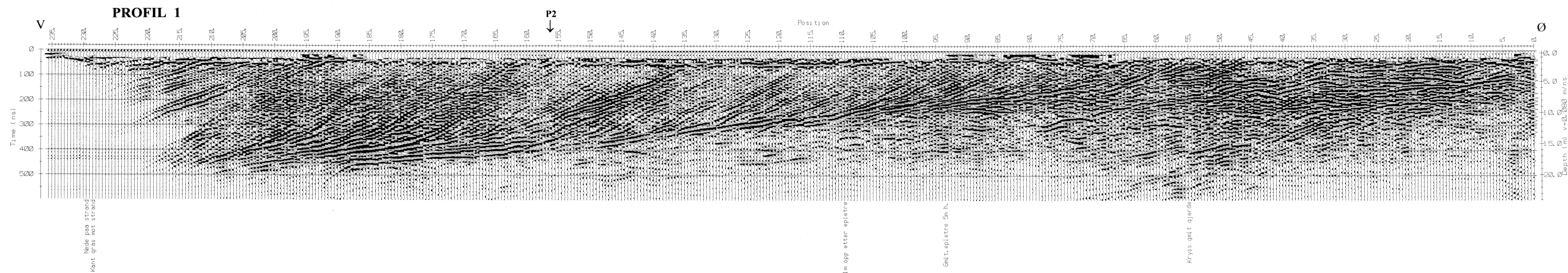
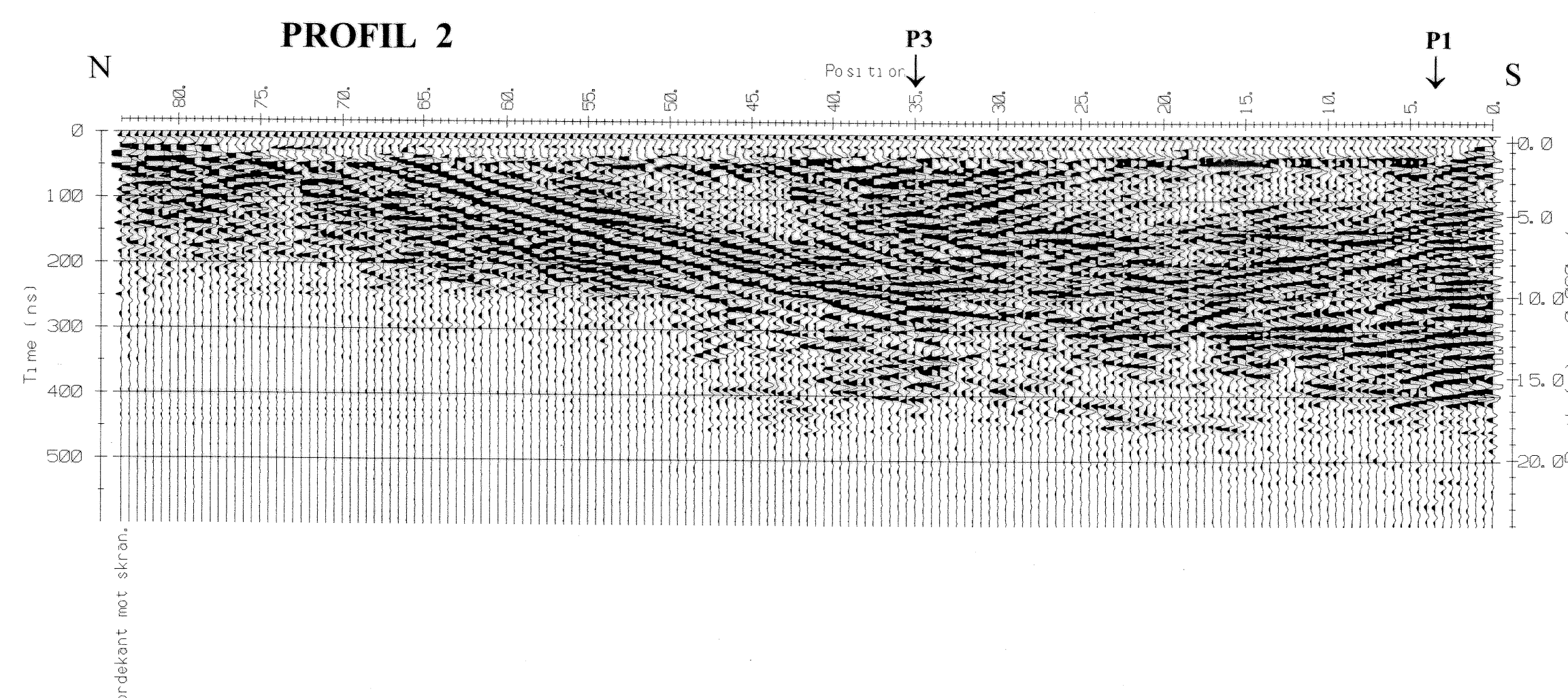
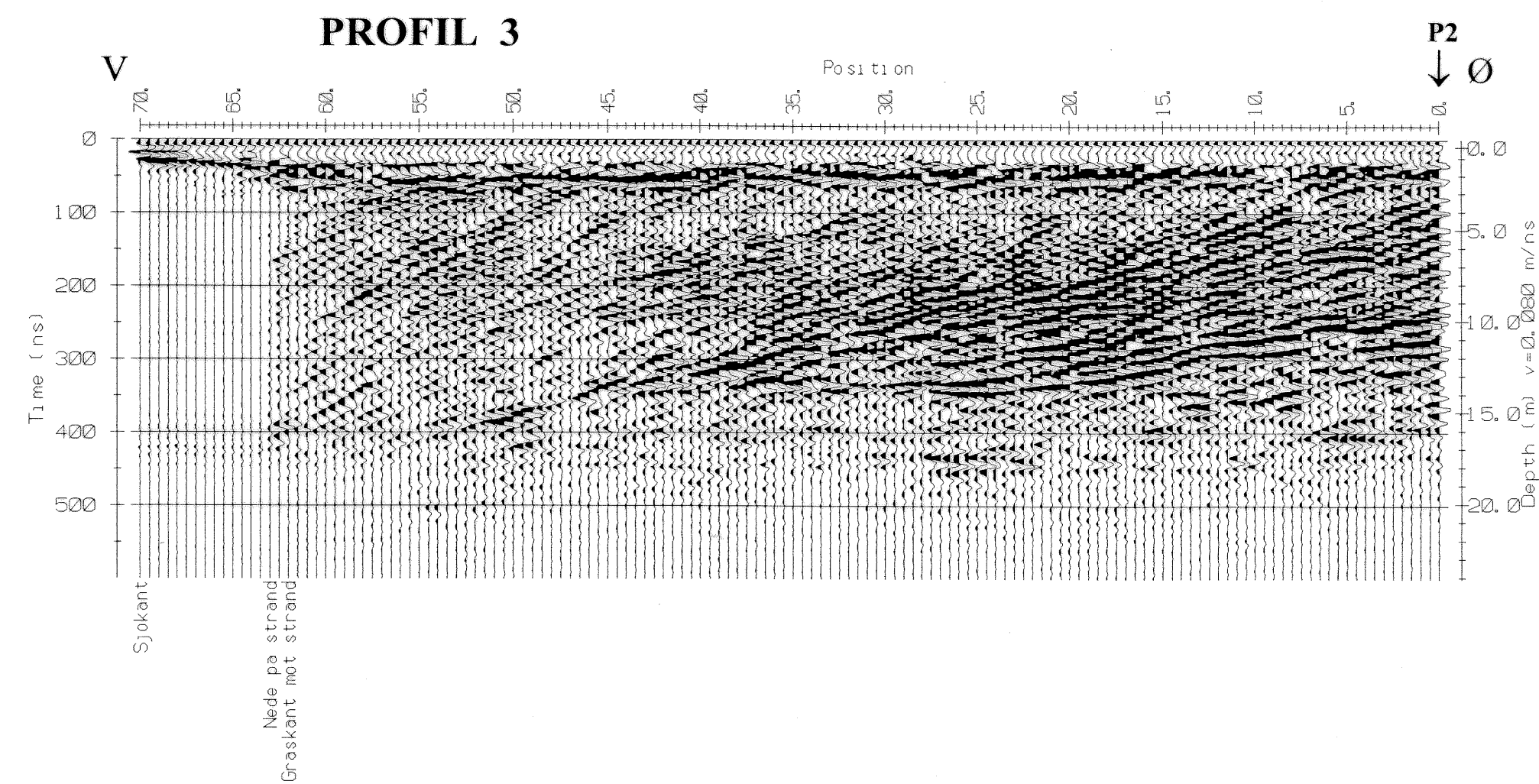
	Sted	Dyp (m)	$M_d$ (mm)	$d_{10}$ (mm)	$d_{60}$ (mm)	$C_u$ ( $d_{60}/d_{10}$ )	$E(C_u)$	$k$ (m/s)	
-----	960515	Salbuosen	4,5-5,5	0,91	0,2764	1,15	4,16	15,0	1,15E-03
-----	960516	Salbuosen	8,5-9,5	0,82	0,2678	1,05	3,92	15,4	1,10E-03
-----	960517	Salbuosen	10,5-11,5	0,34	0,1427	0,35	2,45	16,7	3,40E-04
-----	960518	Salbuosen	12,5-13,5	0,16	0,0719	0,18	2,50	16,8	8,68E-05

$M_d$  er midlere kornstørrelse.  $k$  er hydraulisk ledningsevne utledet av  $d_{10}$  og  $C_u$



Lokalisering av prøvebrønn og peilerør. Innmålt av Hyllestad kommune. Foreslått brønnplassering inntegnet. Utsnitt fra økonomisk kartverk Sørbovåg AF 075-2	Målestokk: <b>1 : 1 000</b>	Målt Tegn Trac KFR	<b>BjF</b>
Norges geologiske undersøkelse Trondheim	Tegning nr. <b>97.052-01</b>	Kartblad nr.	



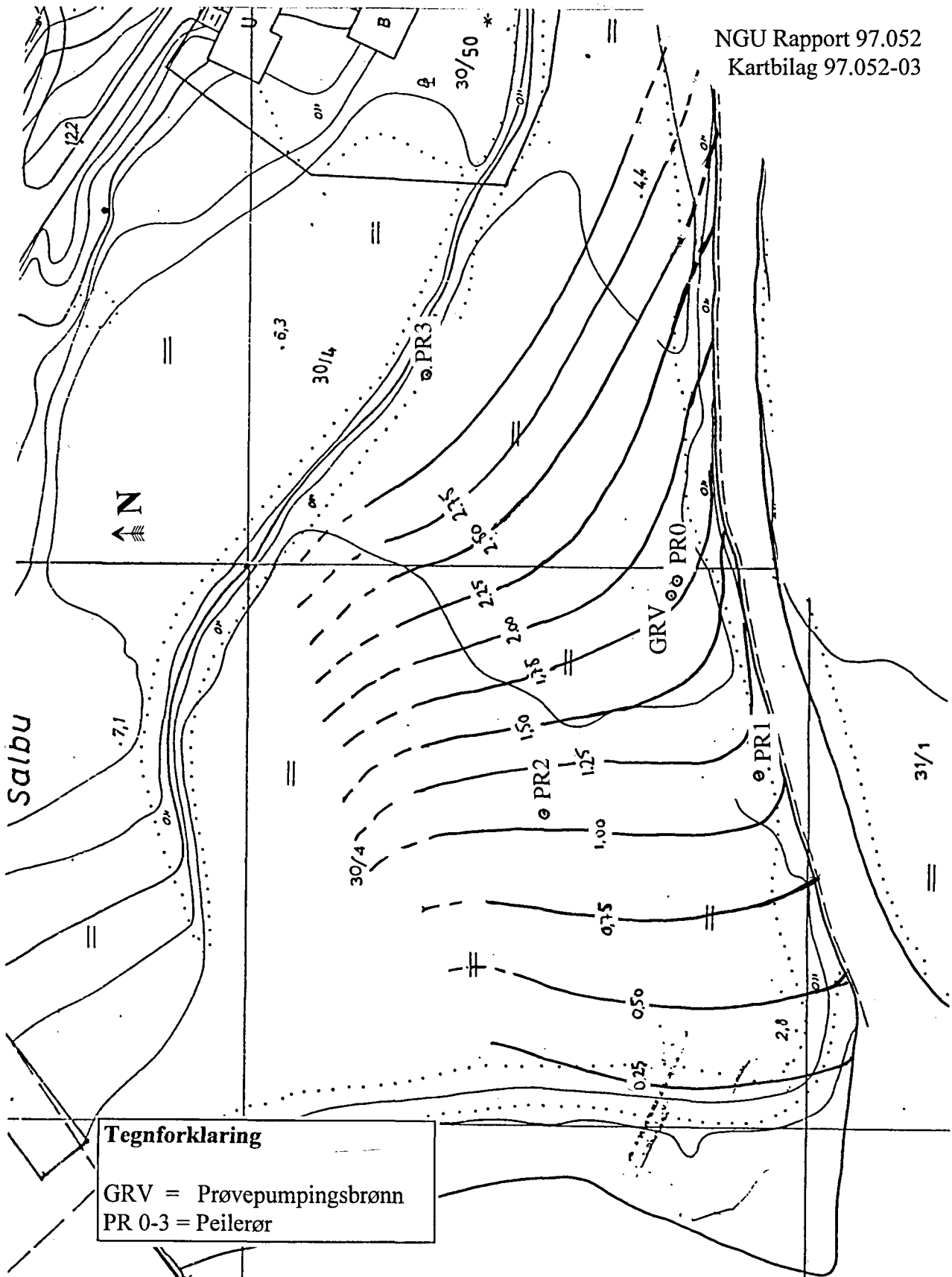


#### TEGNFORKLARING

Georadarprofil med startposisjon  
Tverrstreker angir 100 m avstander

NGU / HYLLESTAD KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK - PROFIL 1, 2 OG 3 SALBUOSEN HYLLESTAD KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	AUG. -96
		TEGN. JFT	APR. -97
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
		97.052-02	1117 II

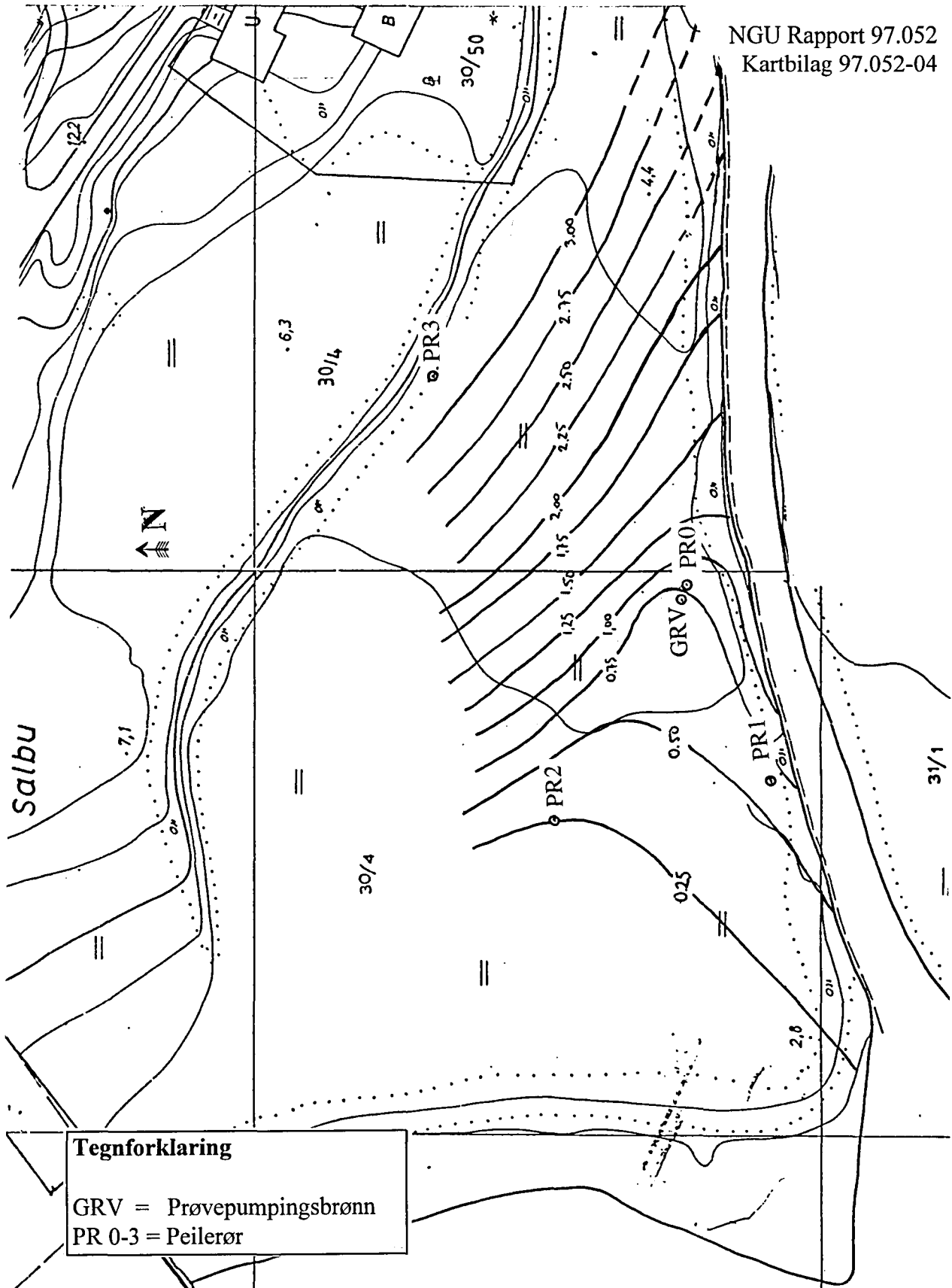




**Tegnforklaring**

GRV = Prøvepumpingsbrønn  
PR 0-3 = Peilerør

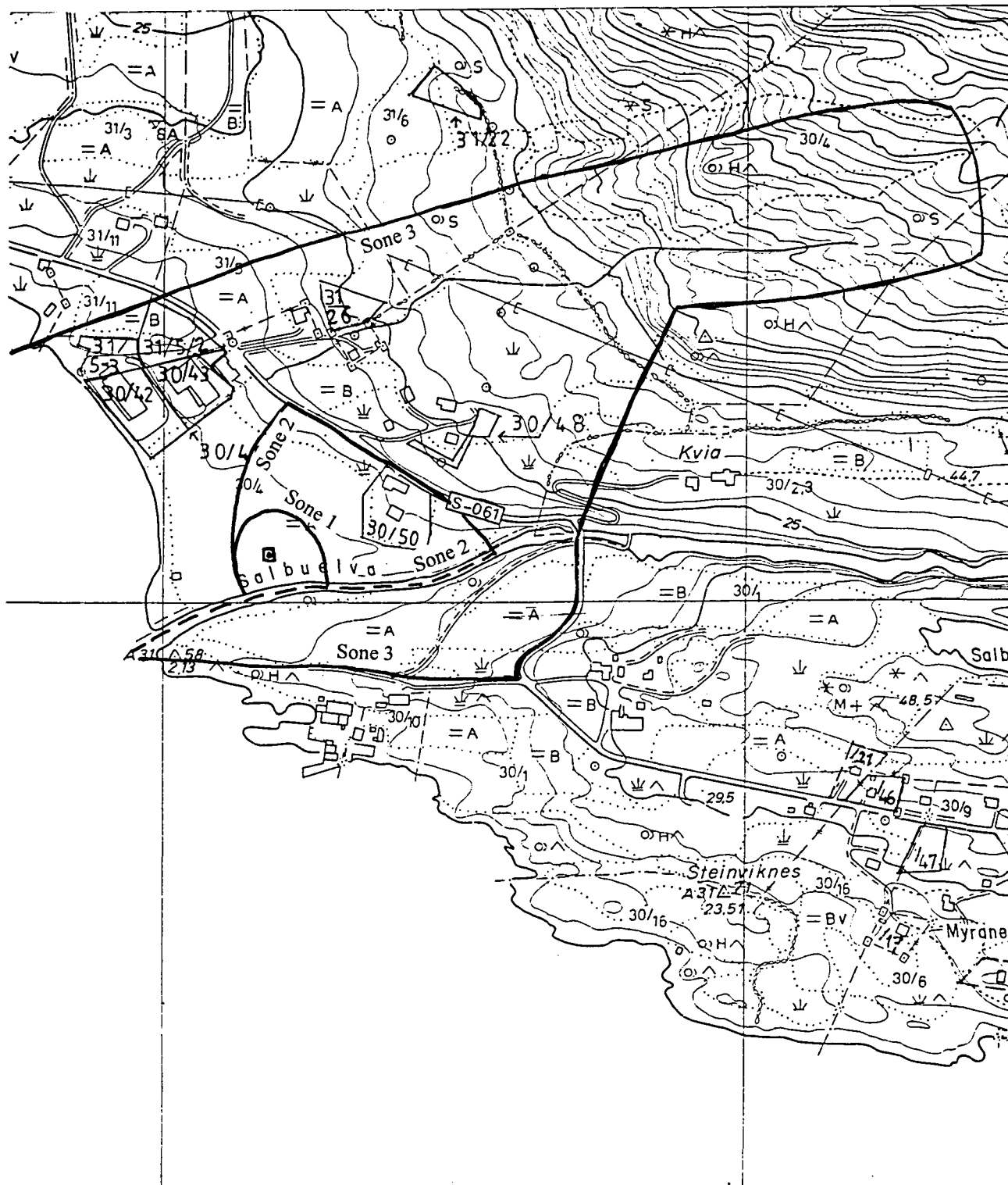
<p>Grunnvannskotekart før pumping. Basert på peilerørsmålinger. Utsnitt fra økonomisk kartverk Sørbovåg AF 075-2.</p>	<p>Målestokk: <b>1 : 1 000</b></p>	<p>Målt Tegn Trac KFR</p>	<p><b>BjF</b></p>
<p>Norges geologiske undersøkelse Trondheim</p>	<p>Tegning nr. <b>97.052-03</b></p>	<p>Kartblad nr.</p>	



**Tegnforklaring**

GRV = Prøvepumpingsbrønn  
PR 0-3 = Peilerør

<p>Grunnvannskotekart ved laveste målte grunnvannsnivå under pumping. Utsnitt fra økonomisk kartverk Sørbovåg AF 075-2</p>	<p>Målestokk: <b>1 : 1 000</b></p>	<p>Målt Tegn Trac KFR</p>	<p><b>BjF</b></p>
<p>Norges geologiske undersøkelse Trondheim</p>	<p>Tegning nr. <b>97.052-04</b></p>	<p>Kartblad nr.</p>	



<p>Forslag til brønnplassering og klausuleringssoner. Utsnitt fra økonomisk kartverk.</p>	<p>Målestokk: <b>1 : 5 000</b></p>	<p>Målt Tegn Trac KFR</p>	<p><b>BjF</b></p>
<p>Norges geologiske undersøkelse Trondheim</p>	<p>Tegning nr. <b>97.052-05</b></p>	<p>Kartblad nr.</p>	